



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 41 144 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 J 49/46  
H 01 J 29/22  
// G 01 N 23/227

21 Aktenzeichen: P 43 41 144.4  
22 Anmeldetag: 2. 12. 93  
43 Offenlegungstag: 8. 6. 95

DE 43 41 144 A 1

71 Anmelder:  
Staib Instrumente GmbH, 85354 Freising, DE

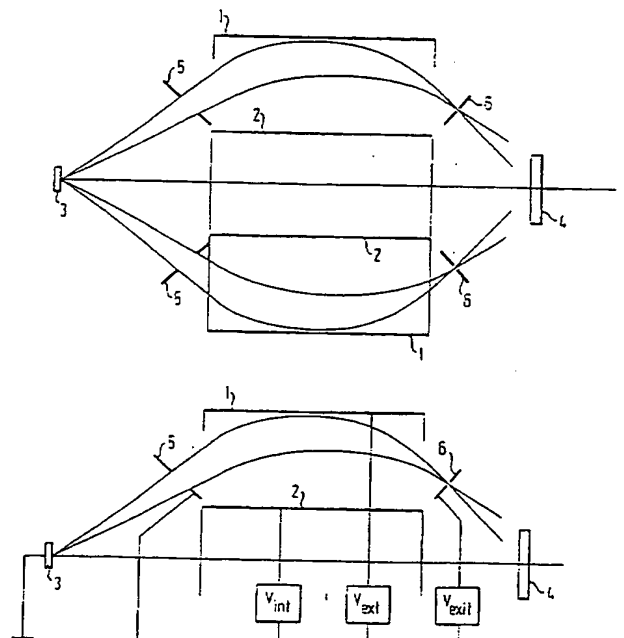
74 Vertreter:  
von Bezold, D., Dr.rer.nat.; Schütz, P., Dipl.-Ing.;  
Heusler, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 80333 München

72 Erfinder:  
Staib, Philippe, Dr., 85402 Kranzberg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Energieanalysator für geladene Teilchen

57 Energieanalysator für geladene Teilchen, der aus einem äußeren Hohlzylinder (1) und einem in seinem Innenraum angeordneten inneren Zylinder (2) aufgebraut ist, wobei in dem inneren Zwischenraum zwischen den Zylindern ein Speigelpotential für geladene Teilchen erzeugt wird und wobei die Teilchenquelle (3) auf der Zylinderachse außerhalb des Analysators angeordnet ist und sich zwischen der Teilchenquelle und dem Analysator eine Eintrittselektrode (5) mit ringförmiger Eintrittsöffnung befindet. Durch Anordnung zusätzlicher Abbremsselektroden (7, 8) vor die Eintrittselektrode (5) kann die Energieauflösung verbessert und elektrisch eingestellt werden.



DE 43 41 144 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder ingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 95 508 023/169

12/29

Die Erfindung betrifft einen Energieanalysator für geladene Teilchen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Energieanalysatoren für geladene Teilchen werden z. B. als Elektronen (energie) spektrometer in der Festkörperanalytik verwendet. Sie dienen dazu, daß Spektrum der kinetischen Energie der von einer zu untersuchenden Festkörperoberfläche ausgesandten geladenen Teilchen, d. h. Elektronen (z. B. — Auger-Elektronen oder Photoelektronen), Positronen, Ionen,  $\alpha$ -Teilchen oder  $\beta$ -Teilchen, zu vermessen. In gleicher Weise kann mit ihnen das Energie-Spektrum radioaktiver Substanzen, wie  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahler aufgenommen werden. Weitere Anwendungen ergeben sich in der Ionenspektroskopie und der Plasmaanalyse.

Energieanalysatoren können aber auch als Energiefilter (Monochromatorstufe) in Elektronen- oder Ionenquellen verwendet werden.

Ein für die Auger-Elektronenanalyse verwendeter Elektronen-Energieanalysator ist z. B. aus der DE-OS 34 29 599 bekannt und in der Fig. 2 schematisch im achsenhalbierten Querschnitt dargestellt. Er wird nach seinem Arbeitsprinzip auch Zylinder-Spiegel-Analysator (ZSA) genannt. Im Prinzip werden dabei Elektronen in einem Spiegelpotential derart umgelenkt, daß nur Elektronen eines bestimmten Energiebereiches einen Detektor erreichen, andere hingegen entfernt werden.

Der ZSA besteht aus zwei koaxialen Zylindern 1 und 2. Der innere Zylinder 2 ist mit zwei ringförmigen Schlitzöffnungen versehen und befindet sich auf Massepotential. Der äußere Zylinder 1 befindet sich auf einem Potential  $V_{ext}$ . Geladene Teilchen werden von einer auf der Zylinderachse befindlichen Quelle (Probe) 3 emittiert. Sie erreichen den Eintrittsschlitz, werden in ein elektrostatisches Gegenfeld umgelenkt und gespiegelt. Für ganz bestimmte Kombinationen von Eingangswinkeln, Teilchenenergie und Spiegelpotential  $V_{ext}$  werden diese auf die Öffnung eines Detektors 4 fokussiert. Für einen festgelegten Eingangswinkelbereich erreicht nur ein enger Energiebereich den Detektor. Folgende Werte sind dabei gebräuchlich:

Eintrittswinkel  $\alpha = 42,18^\circ$ ,  
 Öffnungswinkel  $2\Delta\alpha = 5$  bis  $12^\circ$ ,  
 Auflösung  $\Delta E/E = 0,3$  bis  $1\%$ .

Die kinetische Energie der Teilchen, die das Feld durchlaufen, wird Pass-Energie genannt und beträgt  $E_{pass} = 1,31 \times eV_{ext}$ . Durch Variation des an dem Zylinder 1 anliegenden Potentials  $V_{ext}$  kann somit das Energiespektrum der Teilchen durchgestimmt werden.

Der ZSA hat den Vorteil, daß er rotationssymmetrisch arbeitet und dementsprechend einen hohen Akzeptanzraumwinkel aufweist. Darüberhinaus läßt er sich aufgrund seiner sehr kompakten Bauweise leicht in Versuchsaufbauten integrieren.

Der nach dem Stand der Technik bekannte ZSA weist jedoch auch bedeutsame Nachteile auf. So muß die Teilchenquelle innerhalb des inneren Zylinders oder zumindest sehr nahe am Analysatoreingang montiert werden. In der Regel liegt der Arbeitsabstand — der Abstand zwischen Quelle und Analysatoreingang — für Analysatordurchmesser von 100 bis 200 mm im Bereich 5 bis 15 mm. Weiterhin beträgt die Detektoröffnung 50 bis 200  $\mu$ m, wodurch die Quelle mit eben dieser Genauigkeit justiert werden muß. Außerdem ist die Pass-Energie sehr von der Lage der Quelle abhängig. Kleine Ver-

schiebungen von einigen 100  $\mu$ m verursachen Energieverschiebungen von mehreren 10 eV. Schließlich wird durch die gegebene Anordnung nur ein relativ kleiner Ausschnitt der Quelle senkrecht zur Symmetrieachse erfaßt.

Es ist demgemäß Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Energieanalysator für geladene Teilchen mit verbesserter und elektrisch einstellbarer Energieauflösung anzugeben, der außerdem flexibler gehandhabt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß der durch Verwendung einer vor dem Analysator positionierten Eintrittselektrode der durch den Analysator erfaßte Winkelbereich wählbar ist. Dadurch läßt sich der Analysator bestimmten experimentellen Anordnungen anpassen. Insbesondere kann dadurch auch ein sehr großer Arbeitsabstand realisiert werden. Weiterhin gestattet die Erfindung größere Toleranzen bei der Positionierung und der räumlichen Ausdehnung der Quelle. Außerdem wird mit der Erfindung eine verbesserte und elektrisch einstellbare Energieauflösung ermöglicht.

Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1A und 1B schematische Darstellungen eines erfindungsgemäßen Energieanalysators;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Zylinder-Spiegelanalysators (ZSA) nach dem Stand der Technik;

Fig. 3 die mit numerischer Simulation berechneten Äquipotentiallinien und Teilchenbahnen bei optimaler Fokussierung;

Fig. 4 durch numerische Simulation berechnete Teilchenbahnen mit ringförmigem Fokus;

Fig. 5 durch numerische Simulation berechnete Teilchenbahnen bei großem Arbeitsabstand und ringförmigem Fokus außerhalb des Innenzylinders;

Fig. 6 durch numerische Simulation berechnete Teilchenbahnen bei großem Eingangswinkelbereich und ringförmigem Fokus;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Energieanalysators mit zusätzlichen Netzelektroden und numerisch berechneten Teilchenbahnen;

Fig. 8 gemessene Transmissionskurven bei einem Energieanalysator gemäß Fig. 7;

Fig. 9 Transmissionskurven bei Variation der Position der Quelle auf der Achse.

Ein Energieanalysator gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 1A schematisch dargestellt. Der Analysator enthält wie der Energieanalysator nach dem Stand der Technik (siehe Fig. 2) einen äußeren Hohlzylinder 1 und einen inneren Zylinder 2, die zueinander koaxial sind. An den äußeren und den inneren Zylinder werden elektrische Potentiale  $V_{ext}$  und  $V_{int}$  angelegt (Fig. 1B), wodurch zwischen den Zylindern ein elektrostatisches Spiegelfeld erzeugt wird. Dieses Spiegelfeld bewirkt, daß ein im Zwischenraum zwischen dem inneren und dem äußeren Zylinder befindliches Teilchen mit einer transversalen Bewegungskomponente in Richtung auf den äußeren Zylinder in seiner transversalen Bewegung gebremst und schließlich reflektiert wird. Im Unterschied zu der Anordnung nach Fig. 2 treten jedoch die Teilchen bei dem erfindungsgemäßen Energieanalysator an der vorderen offenen Endfläche der zwei Zylinder in das elektrische Spiegelfeld ein. Die Spannungs-

versorgung der Zylinder ist in Fig. 1B dargestellt.

Die Selektion eines bestimmten Winkelbereichs geschieht hier durch eine Eintrittselektrode 5 mit einer ringförmigen Eintrittsöffnung. An die Eintrittselektrode 5 kann dabei, wie in Fig. 1B gezeigt, Massepotential angelegt werden. Zur Selektion eines bestimmten Energiebereichs dient eine hinter der ausgangsseitigen Endfläche der Zylinder angebrachte Austrittselektrode 6 mit einer schmalen ringförmigen Austritts-Öffnung. An die Austrittselektrode 6 wird ein Potential  $V_{\text{exit}}$  angelegt. Die durch die Austrittselektrode 6 hindurchgetretenen Teilchen treffen auf einen Teilchendetektor 4.

Der Verlauf der ringförmigen Eintrittsöffnung liegt vorzugsweise aus Gründen der Zylindersymmetrie in einer zu der Ebene der Grundflächen der Zylinder parallelen Ebene. Die Zylinderachse ist gleichzeitig Symmetrieachse der ringförmigen Eintrittsöffnung. Die Eintrittsöffnung selbst kann dagegen mit der Ebene der Grundflächen der Zylinder einen Winkel einschließen wie in Fig. 1A, B. Sie kann aber auch in einer zu der Ebene der Grundflächen parallelen Ebene wie in Fig. 3 liegen.

Die Grundflächen der beiden Zylinder können wie in Fig. 1A, B in einer Ebene liegen. Aus Gründen der besseren Feldkonfiguration, wie noch erläutert werden wird, ist jedoch der innere Zylinder etwas in das Innere des Hohl-Zylinders 1 hineinversetzt, wie in Fig. 3 dargestellt, so daß die Grundflächen dem beiden Zylinder nicht in einer Ebene liegen.

Die elektrische Feldkonfiguration der Anordnung nach Fig. 1A läßt sich nicht mehr analytisch berechnen, so daß die Fokussiereigenschaften durch Rechnersimulation ermittelt werden müssen.

In Fig. 3 wird deutlich, daß die elektrostatische Feldkonfiguration in der Nähe der Eintrittsöffnung von einer zylindrischen Feldverteilung stark abweicht. Gerade diese geänderte Feldverteilung wird zur Fokussierung der Teilchenbahnen ausgenutzt. Ähnlich wie bei einem Zylinder-Spiegel-Analysator (ZSA) erhält man ringförmige und punktförmige Fokusbilder je nach Auswahl des Eintrittswinkels, der Zylindergeometrie und der elektrischen Potentiale. Angestrebt wird eine Feldkonfiguration, die einen Teilchenfokus auf der Zylinderachse hervorruft.

Dieses gewünschte und in der Fig. 3 dargestellte Ergebnis erreicht man dadurch, daß sowohl der äußere als auch der innere Zylinder auf ein Ablenkpotential gelegt werden. Die Berechnung des elektrischen Feldes erfolgte bei der Simulation der Fig. 3 für positive Teilchen und mit folgenden Werten für die elektrischen Potentiale:

Eintrittsblende Potential - 0V  
Außenzylinder Potential + 1000 V  
Innenzylinder Potential + 420 V  
Pass-Energie 1320 eV.

Die besten Fokusbedingungen werden für Werte des Verhältnisses  $V_{\text{ext}}/V_{\text{int}} = 0,4$  bis  $0,6$  erreicht. Die Durchlaufenergie (Pass-Energie) liegt im Bereich  $1,2$  bis  $1,6 \times V_{\text{ext}}$ .

Bei der Simulation der Teilchenbahnen in Fig. 4 wurde im Vergleich zu Fig. 3 lediglich das Ablenkpotential des inneren Zylinders auf  $400$  V verringert. Man erkennt, daß sich nunmehr ein ringförmiger Fokus ausbildet. Die Austrittsöffnung ist in diesem Fall als ringförmiger Schlitz in dem inneren Zylinder ausgebildet.

Bei der Simulation der Teilchenbahnen in Fig. 5 wurde im Vergleich zu Fig. 4 der Arbeitsabstand X vergrößert.

Bert. Außerdem wurde das Potential des inneren Zylinders auf  $560$  V erhöht. Daraus resultiert ein ringförmiger Fokus außerhalb des inneren Zylinders. Diese Konfiguration ist für die Erfassung eines breiteren Energiebereiches mit mehrfachen Detektoren geeignet. Diese Simulation zeigt darüberhinaus, daß sich durch die Einstellbarkeit des erfaßten Winkelbereiches ein Analysator mit sehr großem Arbeitsabstand X (Abstand Probe-Eintrittsblende) realisieren läßt.

Fig. 6 zeigt besonders deutlich, wie durch geeignete Wahl der Potentiale ein besonders hoher Akzeptanzwinkel und hohe Transmission erzielt werden kann. Bei dieser Ausführungsform sind zwei weitere Elektroden 9 und 10 als Korrektorelektroden wirksam. Auch Strahlen, die sich am Rande des Öffnungskegels befinden, können besser erfaßt und dadurch der Akzeptanzwinkel erweitert werden. Der Akzeptanzwinkelbereich liegt somit zwischen  $5$  und  $20\%$  von  $2\pi$ . Üblicherweise liegt der Akzeptanzwinkel zwischen einem Innenwinkel von  $10-20^\circ$  und einem Außenwinkel von  $25-50^\circ$ .

Die Energieauflösung des Systems wird dadurch gemessen, daß ein Elektronenstrahl (sog. Primärstrahl) der Energie  $E_0$  und der Energieunschärfe  $\Delta E_0$  (ca.  $0,5$  eV) auf die Oberfläche einer im Brennpunkt des Analysators befindlichen Probe gerichtet. Die meisten Elektronen werden absorbiert oder abgebremst und verlieren dabei Energie. Ein kleiner Anteil (ca.  $0,1\%$ ) wird jedoch elastisch (unter Energieerhaltung) ohne nennenswerte Verbreiterung der Energieverteilung zurückgestreut. Die genaue Zusammensetzung des verwendeten Probenmaterials ist dabei nicht sehr wichtig, da alle Festkörperoberflächen die Primärelektronen in ähnlicher Weise zurückstreuen, insofern sie elektrisch leitend sind. Die von einem Elektronen-Spektrometer nachgewiesene Linie dieser elastisch rückgestreuten Elektronen wird Primärlinie genannt und liegt bei der Energie  $E_0$ .

In Fig. 8 sind Energiespektren derartiger Testmessungen dargestellt, die mit einer noch zu beschreibenden erweiterten Version eines erfindungsgemäßen Zylinderanalysators gemessen wurden. Bei der Grundversion des erfindungsgemäßen Zylinderanalysators gemäß Fig. 1A, 1B, wie sie bisher dargestellt wurde, erfolgt die Messung dadurch, daß die Zylinderspannungen, d. h. die Pass-Energie, variiert werden. Die Breite  $\Delta E$  der Primärlinie ist nun von der Energieauflösung  $\Delta E_s$  des Spektrometers abhängig:

$$\Delta E = (\Delta E_0^2 + \Delta E_s^2)^{1/2}$$

Bei dem Betriebsmodus der Grundversion ist das Auflösungsvermögen  $A = E/E$  konstant ( $\Delta E/E = \text{Konstant-Modus}$ ). Für Systeme von gewöhnlicher Abmessung mit Außendurchmesser von  $100$  mm oder  $150$  mm beträgt das Auflösungsvermögen im Bereich der Primärlinie  $1\%$  bis  $10\%$  je nach Wahl der Öffnung des Winkelbereiches. Da der Wert  $\Delta E/E$  konstant ist, steigt mit zunehmender Elektronenenergie  $E$  auch der Wert von  $A = E$ . Das liegt daran, daß bei diesem Betriebsmodus die Pass-Energie variiert wird. Mit wachsender Pass-Energie wird aber die Zeit, die ein Teilchen im Analysator verbringt und in der die ablenkenden Kräfte wirksam sind, zu kurz, um eine wirksame Dispersion von sich nur wenig in ihrer Energie unterscheidenden Teilchen zu erzielen. Es ist daher wünschenswert, die Teilchen vor dem Eintritt in den Analysator mit Hilfe einer geeigneten Elektronenoptik auf die reduzierte Pass-Energie abzubremesen. Die kann z. B. dadurch geschehen, daß die Eintrittselektrode auf eine Abbremsspannung gelegt

wird. Als sehr zweckmäßig erweist sich aber die Verwendung zusätzlicher Abbremsselektroden, wie in Fig. 7 dargestellt. Hier sind die Abbremsselektroden in Form zweier Kugelnetzselektroden 7, 8 ausgebildet, die auf der Oberfläche zweier gedachter Kugeln unterschiedlicher Radien angeordnet sind, deren Mittelpunkt die Quelle ist. Die Teilchen laufen dann erst durch ein Abbremsfeld zwischen den zwei Netzelektroden, wodurch sie mit entsprechend niedrigerer kinetischer Energie in das Analysatorfeld eintreten. Bei dem in Fig. 7 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Eintrittselektrode 5 und die Kugelnetzselektrode 7 an Masse und die Kugelnetzselektrode 8 auf ein Abbremspotential  $U_g$  gelegt.

In Fig. 8 sind die mit dieser Konfiguration gemessenen Transmissionskurven bei einer kinetischen Energie  $E_0 = 1004$  eV dargestellt. Die Spektren werden in der Weise aufgenommen, daß bei konstanten Zylinderspannungen d. h. konstanter Pass-Energie, die Abbremsspannung  $U_g$  variiert wird. Der Kurvenparameter ist die Zylinderspannung, also die Pass-Energie. Die Pass-Energie und die Auflösung  $\Delta E$  sind entlang einer Kurve konstant ( $\Delta E = \text{Konstant-Modus}$ ). Aus den Transmissionskurven läßt sich das Auflösungsvermögen des Systems  $R = \Delta E / E_0$  ermitteln. Die Kurven zeigen sehr deutlich, daß die Energieauflösung zum einen durch Wahl der Zylinderspannung elektrisch eingestellt werden kann und zum anderen, daß Werte im Bereich 0.1% bis 1% erreicht werden können.

Wird eine Spannung  $U_g$  an der Netzelektrode 8 angelegt, so wird die Teilchenenergie von ihrem ursprünglichen Wert  $E_0$  auf den Wert  $E_{\text{pass}} = E_0 - eU_g$  reduziert, wobei  $E_{\text{pass}}$  die Pass-Energie ist. Die Energieauflösung des Gesamtsystems  $\Delta E / E_{\text{pass}}$  ist nun wesentlich erhöht im Vergleich zum vorherigen Wert  $R = \Delta E / E_0$ .

Der Aufbau eines Abbremsfeldes kann auch auf andere Weise unter Zuhilfenahme von rotationssymmetrischen Elektroden erfolgen.

Fig. 9 zeigt schließlich die Abhängigkeit der Pass-Energie von der Position der Quelle auf der Achse für ein System mit Abbremsung der Teilchen. Die Transmissionskurven zeigen nur eine geringe Abhängigkeit der Pass-Energie von der Quellenposition. Die Energieverschiebung beträgt 0,1 bis 0,3 eV pro mm Verschiebung der Quelle in Achsenrichtung (0,2 eV/mm in Fig. 9), also erheblich weniger als die eines ZSA mit 5 bis 30 eV/mm. Somit sind die Transmissionsseigenschaften auch in Bezug auf die Quellenlage unkritischer.

Der beschriebene Energieanalysator kann für die Auger- oder Photoelektronenanalyse, für Ionenspektroskopie und Plasmaanalyse verwendet werden. Auch zur Verwendung als Energiefilter in einer Elektronen- oder Ionenquelle ist der beschriebene Analysator geeignet.

#### Patentansprüche

1. Energieanalysator für geladene Teilchen mit einem äußeren Hohlzylinder (1) und einem in seinem Innenraum angeordneten, mit dem äußeren Hohlzylinder coaxialen inneren Zylinder (2) und einem zwischen den Zylindern definierten Zwischenraum, wobei die Zylinder derart mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen beaufschlagt sind, daß ein in dem Zwischenraum befindliches geladenes Teilchen durch das dort herrschende elektrische Feld eine Kraftwirkung in Richtung des inneren Zylinders erfährt;  
einer auf der Zylinderachse angeordneten Teilchenquelle (3) und

einem auf der Zylinderachse angeordneten Teilchendetektor (4), vor dem sich eine Austrittsblende befindet,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Teilchenquelle (3) außerhalb der Zylinder (1, 2) angeordnet ist und daß zwischen der Teilchenquelle und den Zylindern eine Eintrittselektrode (5) angeordnet ist, die eine Eintrittsöffnung für den Durchlaß geladener Teilchen aufweist.

2. Energieanalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsöffnung ringförmig ist und daß der Ring rotationssymmetrisch zur Zylinderachse ist.

3. Energieanalysator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring in einer zu den Grundflächen der Zylinder parallelen Ebene verläuft, wobei die Eintrittsöffnung an jeder Position des Rings entweder parallel zu den Grundflächen der Hohlzylinder liegt oder mit diesen einen Winkel  $< 90^\circ$  einschließt (Fig. 1A).

4. Energieanalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Zylinder und der innere Zylinder auf einem Ablenkungspotential liegen.

5. Energieanalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittselektrode (5) auf Massepotential liegt.

6. Energieanalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittselektrode (5) auf einem Abbremspotential liegt.

7. Energieanalysator nach Anspruch 1 gekennzeichnet durch zylindersymmetrische Abbremsselektroden (7, 8), die zwischen der Eintrittselektrode (5) und dem Analysator angeordnet sind.

8. Energieanalysator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittselektrode (5) und die Abbremsselektrode (7) auf Massepotential liegen und die Abbremsselektrode (8) auf einem Abbremspotential liegt.

9. Energieanalysator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbremsselektroden (7, 8) Kugelnetzselektroden sind, die jeweils auf einem Teil der Oberflächen zweier gedachter Kugeln unterschiedlicher Radien angeordnet sind, wobei die Teilchenquelle (3) der Mittelpunkt der Kugeln ist.

10. Energieanalysator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbremsselektrode (7, 8) kegelförmige durchgebrochene Elektroden sind.

11. Energieanalysator nach Anspruch 1 gekennzeichnet durch Korrektorelektroden (9, 10) zur verbesserten Fokussierung der Randstrahlen (Fig. 6).

12. Energieanalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsblende eine Austrittselektrode (6) ist, die eine Austrittsöffnung aufweist.

13. Verfahren zum Betrieb eines Energieanalysators nach Anspruch 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung eines Energiespektrums derart erfolgt, daß das Potential des äußeren oder des inneren Zylinders variiert wird.

14. Verfahren zum Betrieb eines Energieanalysators nach Anspruch 1 und 6 oder Anspruch 1 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung eines Energiespektrums derart erfolgt, daß das Abbremspotential variiert wird und die Potentiale des äußeren und des inneren Zylinders konstant gehalten werden.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1A

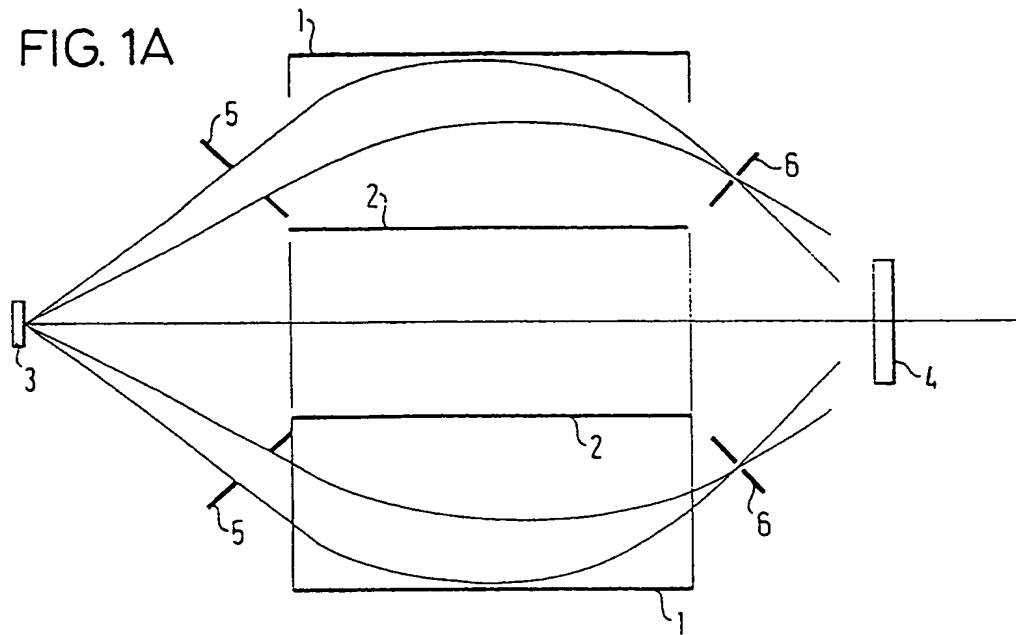


FIG. 1B

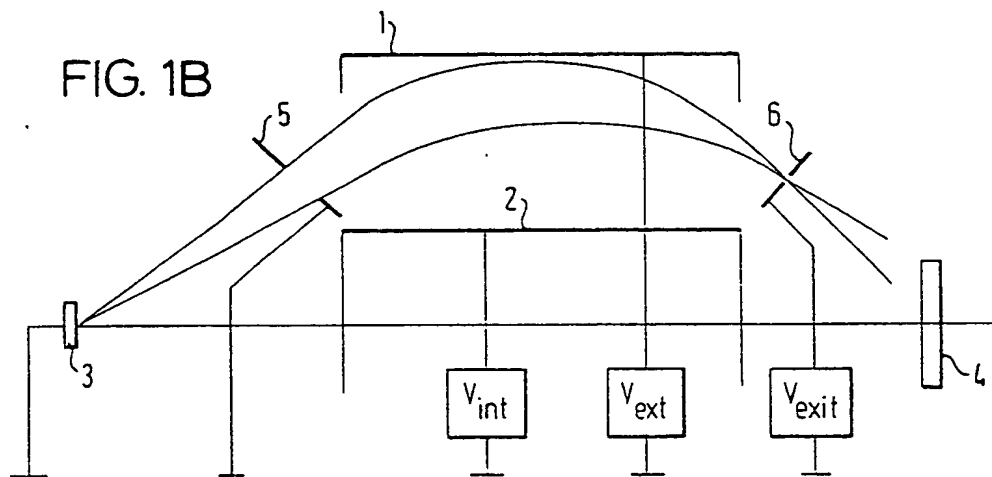


FIG. 2

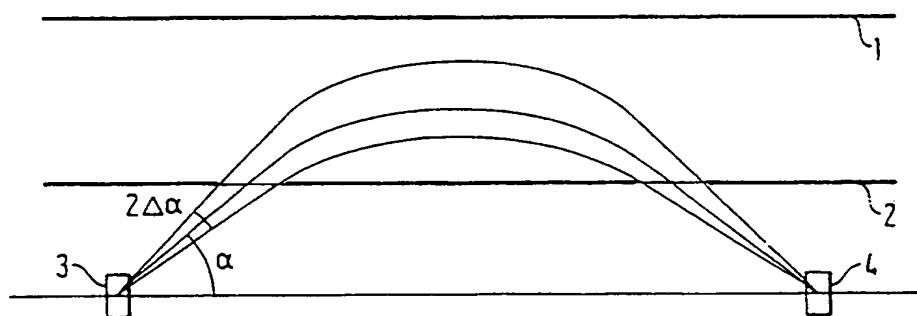


FIG. 3

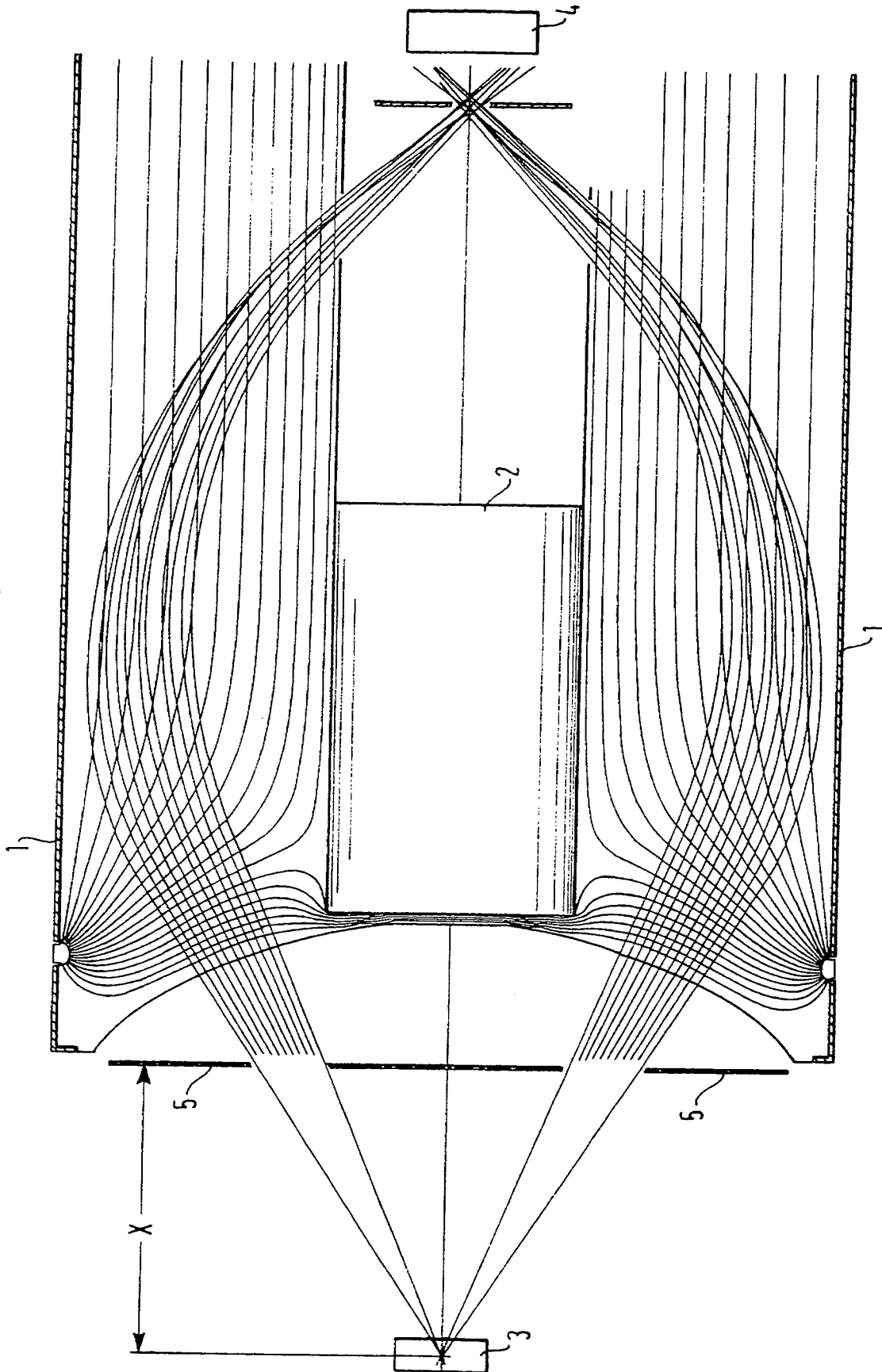




FIG. 4

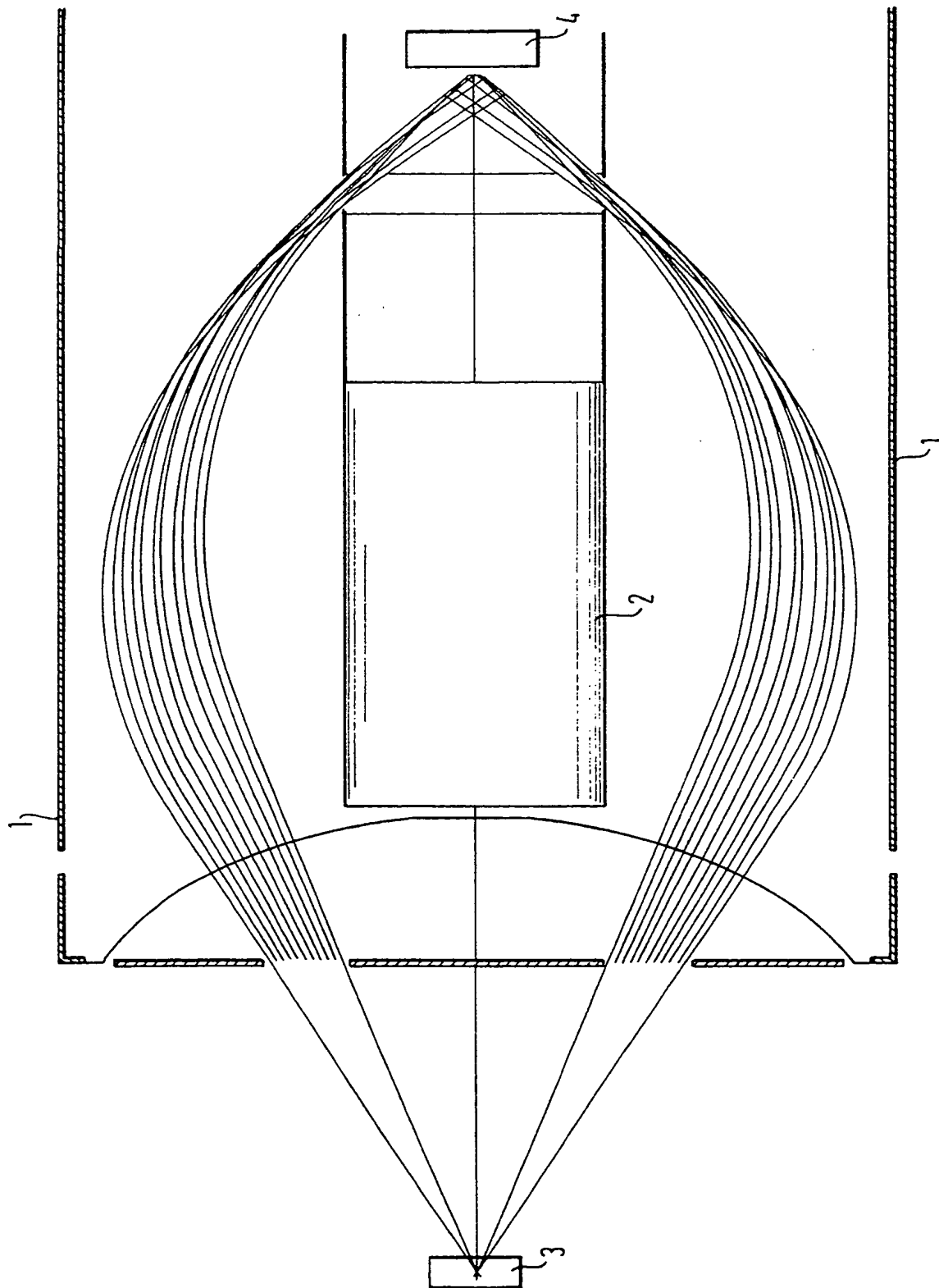


FIG. 5

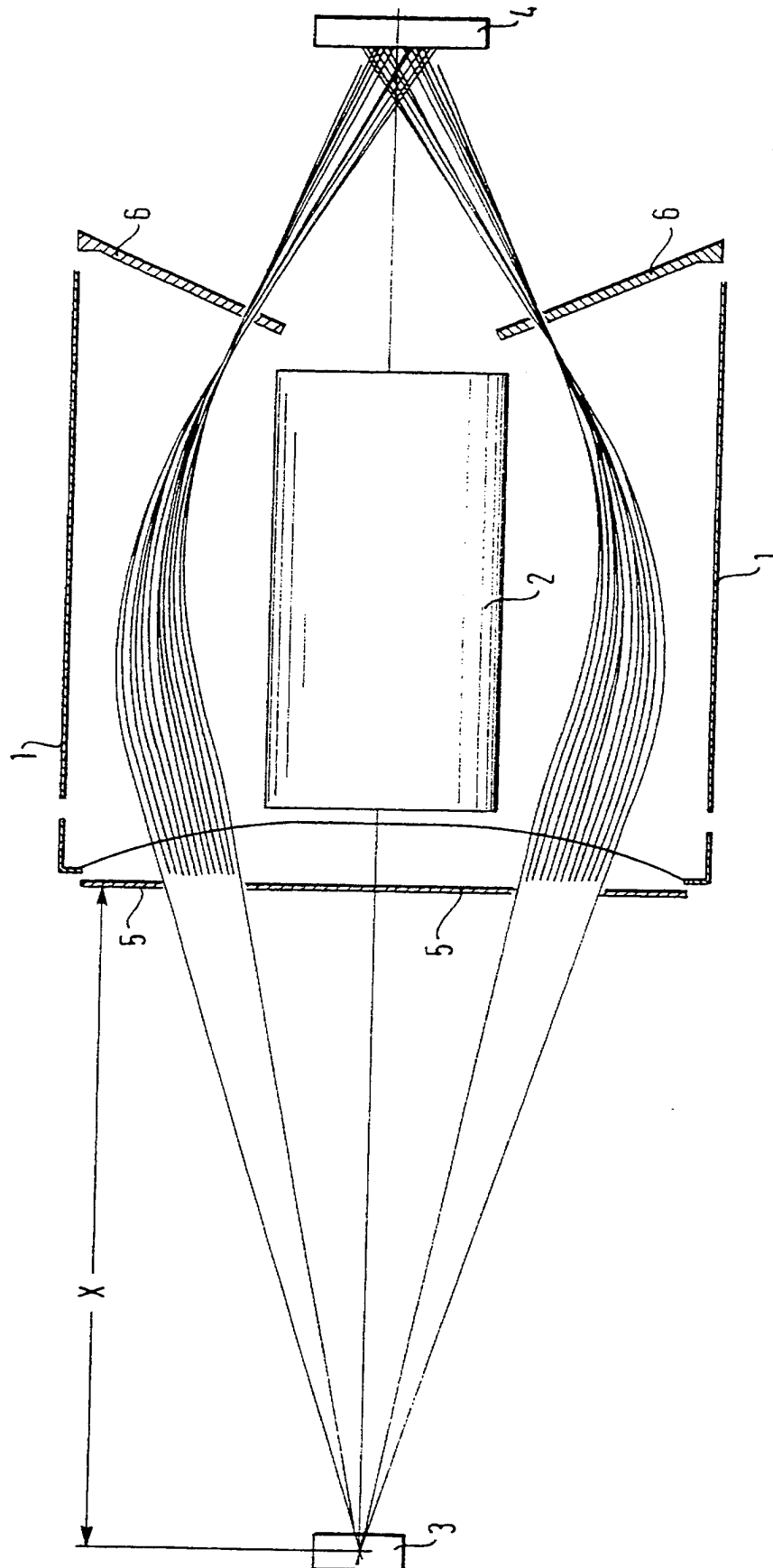
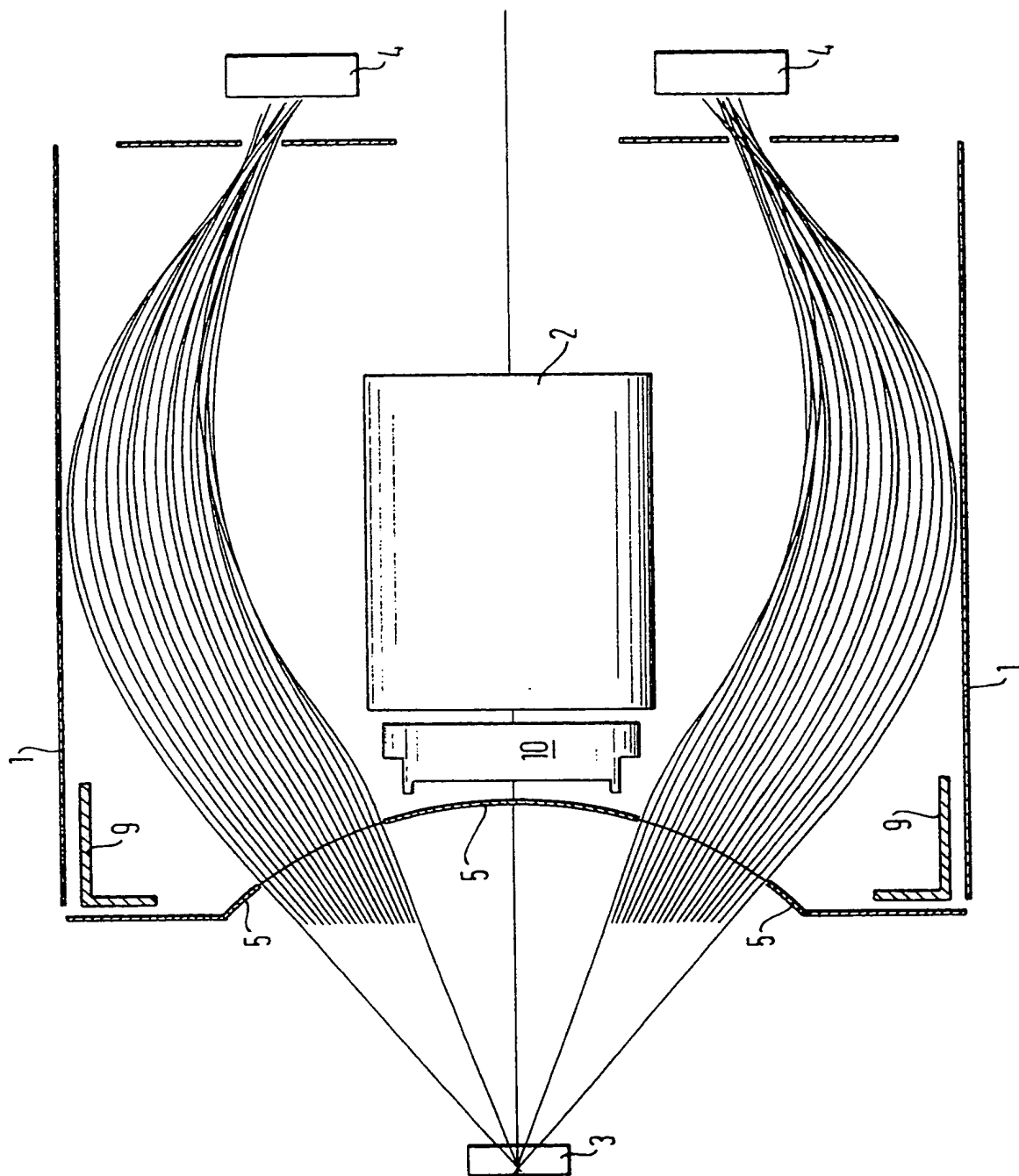


FIG. 6



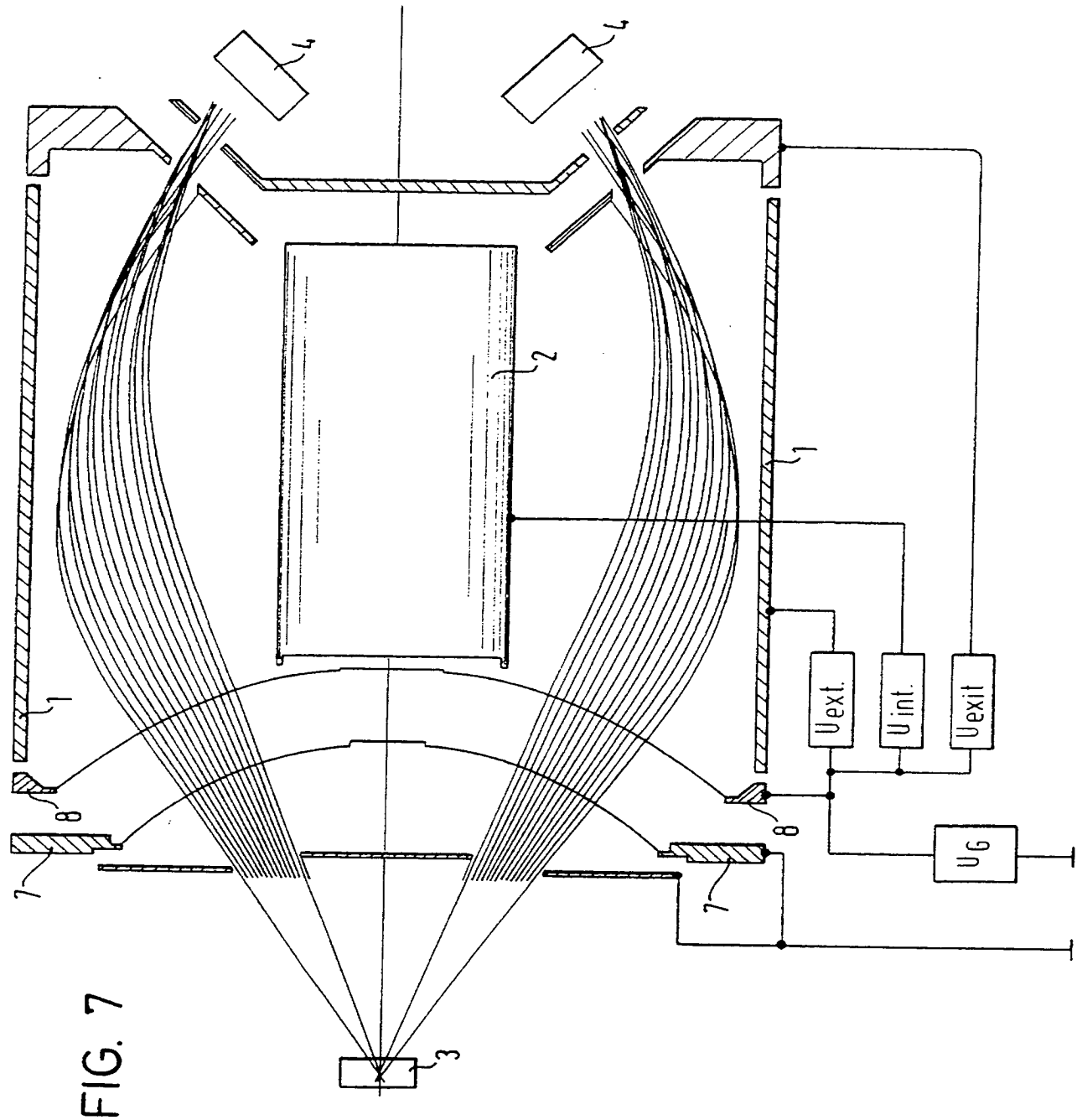


FIG. 8

